

戦略的国際科学技術協力推進事業  
日本－オーストラリア研究交流  
研究課題  
「東南極海システムにおける気候変動の影響評  
価に向けた基盤整備」

研究終了報告書

研究交流期間 平成21年8月～平成23年3月

研究代表者：福地光男  
(大学共同利用機関法人  
情報・システム研究機構  
国立極地研究所、  
教授)

# 公開資料

## 1. 研究・交流の目的

本研究は、南極海インド洋海域で日本およびオーストラリアの2国間で入手可能な包括データベースを整備することを大きな目的とする。具体的には日本側の日本南極地域観測事業を中心とした定常的な観測技術や観測結果と、オーストラリア側の南極観測プロジェクト研究の技術やその研究成果を組み合わせ、①包括的なデータベースを整備し、②南極海インド洋海域における海洋生態系および海洋循環構造の中長期的な変動傾向を抽出する。また、③海洋物理モデルにおけるパラメタリゼーションの向上をはかり、④南極海東南海域の気候変動影響予測にむけた現状把握基盤の整備、を実施することが研究・交流の具体的な目的である。その結果、現状を把握し、観測のギャップを洗い出し、将来の日豪共同研究発展への道筋を見出すことにより、南極海インド洋セクターにおける海洋システムにおける気候変動の影響評価に向けた現状把握の基盤整備が可能となる。

## 2. 研究・交流の方法

### 研究開始時に目指した成果

1. 南極海インド洋セクターの生態系関連主要要素の包括的データベースの整備。
2. 動物プランクトン群集と海洋物理構造の変化の関連のケーススタディ
3. 海洋物理モデルにおけるパラメタリゼーションの向上
4. 南極海東南海域の気候変動影響予測にむけた現状把握基盤の整備

### 成果を達成するための方法及び交流計画

本研究計画の目的を達成するために、

- 1) データベースの検討、2) データベース構築、3) 解析研究集会、の3段階で構成する研究方法をとりいれた。

#### 【第1段階】データベースの検討

両国の研究代表者および主要メンバーが集まり、現存するデータベースの不備を洗い出し、本計画にとって必要なデータの種別およびデータベースの構成を確定させる。そのために、2009年7月のSCAR国際南極生物シンポジウムの折に日豪関係者で予備的なビジネス会合を持った。予備会合を受けて同年9月国立極地研究所にて日豪双方の全体総括責任者及び実務担当者が会合し、詳細な検討を実施し、本研究課題遂行のロードマップを作成した。

#### 【第2段階】データマイニングおよびデータベース整備

データの状況は多様である。2006年、ホバートにてACE-CRCがWWFと共同で開催したBioregionalisationにおいて、一般に公開されている入手可能なデータは、この集会において、利用可能な形式に登録済みである。SO-CPR(Southern Ocean-Continuous Plankton Recorder)調査で得られた動物プランクトンデータについても同様の形式に標準化されている。その他の植物プランクトン、動物プランクトン、オキアミ等の生物データは様々な研究機関や大学に分散しており、電子化されていないデータもあれば、未処理のサンプルというケースも見られる。このような資史料は、処理や解析を経て、利用可能なデータとして標準化しなければならない。その対象となるデータは以下のように多岐に及ぶ。

- a. 総観規模の物理・環境データ（リモートセンシング、集計済みデータベース、その他）。深度、栄養塩、水温、塩分、海水情報、クロロフィル濃度等を含む。これらの多くは公表されている。
- b. 日本南極地域観測隊のしらせ、東京海洋大学・海鷹丸、オーストラリア観測船（ネ

## 公開資料

ラ・ダン号、オーロラ・オーストラリア号) の航走観測データ。水温、塩分、蛍光度。

- c. 低次栄養生物データ:植物プランクトン、動物プランクトン、色素、オキアミ (SO-CPR 調査、ネット採取、種リストを含む)
- d. 特定線 (物理、化学、生物データ)

第2段階の作業のため、日豪双方において複数回のワークショップを開き、データマイニングを行い、同時に未処理の標本処理を実施した。ワークショップの間には、テレビ会議システムを用いて、作業や解析状況について逐次検討を行った。並行してデータ解析の成果は国内外の関連する研究集会、学会、シンポジウム等において発表を行った。

これらの作業と通して、「南極海インド洋セクターの生態系関連主要要素の包括的データベースの整備」が実現した。

### 【第3段階】研究集会におけるデータ解析

海洋物理サブグループでは日常的にメールなどにより、日豪双方の研究者間で情報交換を継続し、とりわけ2010年7月に豪州タスマニア州ホバート市の豪連邦科学産業研究機構 (CSIRO) にて日豪双方の物理サブグループ研究者30名以上が一堂に会しワークショップを開催した。約20編の成果発表があり、「海洋物理モデルにおけるパラメタリゼーションの向上」が図られた。

更に、2011年2月にホバート市の南極海洋生物資源保存条約委員会 (CCAMLR) 事務局において、日豪双方の生態系サブグループ及び物理サブグループのメンバー合計24名が参加し、日豪合同ワークショップを開催した。各グループから合計20編の成果が発表された。複数回のワークショップにて解析を積み上げてきた結果は、合同ワークショップにて「動物プランクトン群集と海洋物理構造の変化の関連のケーススタディ」としてとりまとめられた。これらの研究成果は PLoS ONE の特集として公表する準備が進められている。また、ワークショップにおいては将来への課題や提言を取りまとめ、現状の観測データのギャップを見出すなど、「南極海東南海域の気候変動影響予測にむけた現状把握基盤の整備」が実現することが出来た。

このように、当初の研究方法や交流計画にほぼ沿った形で、目的にかなった成果を得ることができた。若干の変更点をあげれば、最終的には合同ワークショップには日豪双方の全体総括責任者、生態系および物理サブグループのリーダーが一堂に会する計画であったが、ワークショップ開催時期が日本の年度末となったため、日本側のサブグループリーダーが参加できない結果となったが、それぞれのサブグループメンバーの出席により円滑な取りまとめが出来た。

## 3. 研究・交流実施体制

### 3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダー) 福地光男	国立極地研究所	教授	水産学博士	日本側代表、全体総括
(研究者) 小達恒夫	国立極地研究所	教授	水産学博士	生態系サブリーダー
青木茂	北海道大学低温科学研究所	准教授	博士 (理学)	海洋物理サブリーダー
橋田元	国立極地研究所	助教	理学博士	生態系サブグループ実施責任者

# 公開資料

飯田高大	国立極地研究所	助教	博士（水産科学）	基礎生産データ解析
高橋邦夫	国立極地研究所	助教	博士（理学）	プランクトンデータベース構築
高橋晃周	国立極地研究所	准教授	理学博士	ペンギンデータ解析
牛尾収輝	国立極地研究所	准教授	理学博士	海氷分布データ解析
大島慶一郎	北海道大学低温科学研究所	教授	理学博士	海洋物理データ解析
豊田威信	北海道大学低温科学研究所	助教	理学博士	海氷データ解析
深町康	北海道大学低温科学研究所	准教授	学術博士	海洋物理データ解析
嶋田啓資	北海道大学低温科学研究所	学術研究員	海洋科学博士	海洋物理データ解析
田村岳史	北海道大学低温科学研究所		学術博士（地球環境科学）	海氷データ解析
平譚享	北海道大学大学院水産科学研究院	准教授	博士（理学）	衛星海洋データ解析
石丸隆	東京海洋大学	教授	農学博士	プランクトンデータ解析
茂木正人	東京海洋大学	准教授	水産学博士	海洋データ解析
小野淳史	東京海洋大学	博士研究員		プランクトンデータ解析
平野大輔	東京海洋大学	博士研究員	海洋科学博士	海洋物理データ解析
北出裕二郎	東京海洋大学	准教授	海洋科学博士	海洋物理データ解析
高澤伸江	東京海洋大学	特任助教	博士（理学）	プランクトンデータ解析
羽角博康	東京大学	准教授	博士（理学）	海洋モデル構築
草原和弥	東京大学	博士研究員	学術博士（地球環境科学）	海洋モデル構築
松村義正	東京大学	博士研究員	理学博士	海洋モデル構築
佐々木洋	石巻専修大学	教授	農学博士	プランクトンデータ解析
高橋裕子	石巻専修大学	大学院学生		プランクトンデータ解析
服部寛	東海大学	教授	農学博士	プランクトンデータ解析
谷村篤	三重大学	教授	水産学博士	プランクトンデータ解析
渡邊修一	海洋研究開発機構	グループリーダー	理学博士	地球化学データ解析

## 公開資料

脇田正英	海洋研究開発機構		学術博士（地球環境科学）	
本多牧生	海洋研究開発機構		学術博士（地球環境科学）	
石田明生	海洋研究開発機構		理学博士	
勝又勝郎	海洋研究開発機構	研究員	理学博士	海洋物理データ解析
佐々木健一	海洋研究開発機構		学術博士（地球環境科学）	地球化学データ解析
舘山一孝	北見工業大学	助教	工学博士	海氷データ解析
石松惇史	琉球大学	教授	農学博士	海洋酸性化解析
栗原晴子	琉球大学	助教	農学博士	海洋酸性化解析
田口哲	創価大学	教授	水産学博士	基礎生産過程解析
合計 37名				

### 3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダー) Anthony Press	ACE-CRC	最高責任者	学術博士	豪側代表、全体総括
(研究者) So Kawaguchi	Australian Antarctic Division	上席研究員	水産学博士	生態系サブリーダー
David Connell	Australian Antarctic Division	データアナリスト		データ管理
Andrew Constable	Australian Antarctic Division	上席研究員	学術博士	南極生態系モデル構築
Mark Curren	Australian Antarctic Division	上席研究員	学術博士	アイスコア解析
Andrew Davidson	Australian Antarctic Division	主任研究員	学術博士	植物プランクトン動態解析
Louise Emmerston	Australian Antarctic Division	研究員	学術博士	ペンギンデータ解析
John Gunn	Australian Antarctic Division	AAD首席研究員	学術博士	観測船情報解析
Graham Hosie	Australian Antarctic Division	上席研究員	学術博士	動物プランクトンデータベース解析
Rob Massom	Australian Antarctic Division	主任研究員	学術博士	海氷物理・低次栄養データ解析
Klaus Meiners	Australian Antarctic Division	研究員	学術博士	海氷生態系データベース構築
Steve Nicol	Australian Antarctic Division	プログラムリーダー	学術博士	プランクトンデータ解析

## 公開資料

Ben Raymond	Australian Antarctic Division	データマネージャー	学術博士	南極生態系モデリング構築
Martin Riddle	Australian Antarctic Division	プログラムリーダー	学術博士	生態系解析
Colin Southwell	Australian Antarctic Division	上席研究員	学術博士	ペンギンデータ解析
Dirk Welsford	Australian Antarctic Division	主任研究員	学術博士	生態系解析
Karen Westwood	Australian Antarctic Division	研究員	学術博士	植物プランクトン動態解析
Neal Young	Australian Antarctic Division	上席研究員	学術博士	海氷分布データ解析
Tony Worby	Australian Antarctic Division	プログラムリーダー	学術博士	海氷分布データ解析
Ben Galton-Fenzi	ACE-CRC	研究員	学術博士	海洋物理解析
Angela McGaffin	ACE-CRC	データマネージャー	学術博士	プランクトンデータベース構築
Guy Williams	ACE-CRC	研究員	学術博士	海洋物理解析
Simon Marsland	CSIRO	主任研究員	学術博士	海洋物理解析
Andrew Meijers	CSIRO	研究員	学術博士	海洋物理解析
Siobhan O'Farrell	CSIRO	研究員	学術博士	海洋物理解析
Steve Rintoul	CSIRO	プログラムリーダー	学術博士	海洋物理サブリーダー
Bernadette Sloan	CSIRO	研究員	学術博士	海洋物理解析
Serguei Sokolov	CSIRO	主任研究員	学術博士	海洋物理データ解析
Bronte Tilbrook	CSIRO	上席研究員	学術博士	海洋酸性化解析
Nathan Bindoff	University of Tasmania	教授	学術博士	海洋物理データ解析
Frank Colberg	CSIRO	研究員	学術博士	海洋物理解析
Alex Fraser	University of Tasmania	研究員	学術博士	海氷動態解析
Mana Inoue	University of Tasmania	大学院生		海洋物理データ処理
Kerrie Swadling	University of Tasmania	講師	学術博士	プランクトンデータ解析
合計 34 名				

#### 4. 研究成果

## 4. 1 研究成果の自己評価

- 計画以上の成果がでた  計画通りの成果がでた
- 計画とは異なるが有益な成果がでた  計画ほどの成果はでなかった
- いずれでもない

## 4. 2 研究成果の自己評価の根拠

研究成果は以下の4点に集約される。

1. 南極海インド洋セクターの生態系関連主要要素の包括的データベースの整備  
日本南極地域観測事業により昭和基地への往復航路上において海洋生物定常観測として、また、プロジェクト観測として実施されたプランクトン標本について、日本側がデータベースを構築した。同時に豪側においてもプランクトン標本データベースを構築した。これらのデータは現時点では豪南極局データセンターに蓄積し、本研究メンバーにより管理されているが、近いうちに公開される。本研究課題遂行に与えられた短期間に包括的なデータベースを整備できたことは高く評価される。本データベースは将来の気候変動影響を予測する上で貴重なベンチマークとなる。
2. 動物プランクトン群集と海洋物理構造の変化の関連のケーススタディ  
上記1によるデータについて、日豪双方の研究者が複数回にわたるワークショップにて、共同で解析を行った。特に豪側からは海水分布データ解析結果が提供された。南極海インド洋区外洋域における日本側の定常観測点の長期的なデータを解析することにより、海洋基礎生産や動物プランクトン群集の中長期的な変化や変動傾向が検出された。豪側では特に南極沿岸域においてより大型の動物プランクトンの中長期的変動傾向を検出することが出来た。これらの解析結果は国内外のシンポジウムなどで発表し、一部はすでに研究論文として公表された。このように日豪両国の研究者がこれまでの個人的なつながりを超えて、本研究課題の枠組みにおいて共同で解析を進めたことにより将来の日豪南極海洋コンソーシアム構築の基盤が整備されたことは高く評価できる。
3. 海洋物理モデルにおけるパラメタリゼーションの向上  
日本側は長期海洋物理観測結果の解析とあわせ、リモートセンシング手法による海水生産パラメタリゼーションおよび数値実験手法による南極底層水形成に関するパラメタリゼーションなどを発展させた。これらに基づき、海洋循環変動や南極底層水形成に関するモデルを構築した。同様に豪側においても現場海洋海水観測・係留観測の結果、人工衛星をはじめとするリモートセンシングによる海水観測結果、および数値モデル結果を持ち寄り、日豪共同で海洋海水物理モデルにおけるパラメタリゼーションの向上が図られた。また物理・海氷・モデルグループによる日豪ワークショップでは日豪両国の若手研究者も参加し、次世代後継者の育成が図られた。一連の日豪共同研究の成果が数多くの日豪共著研究論文として公表され、日豪研究者の連携の強さは高く評価される。これらの成果は IPCC AR5 へ向けた大きな貢献が期待されるものと高く評価できる。
4. 南極海東南海域の気候変動影響予測にむけた現状把握基盤の整備  
本研究課題の1年半の期間に、日豪両国の海洋生態系・海洋物理の研究者が集結したことによって、特に豪側からの海氷研究者や南極大陸氷床コア解析の研究者の参加により、気候変動予測において必要不可欠となる観測及び観測データに対して、これまでの日豪両国で実施してきた観測及び観測データとの間のギャップを洗い出す事が出来た。その結果、今後の研究推進に必要な提言を取りまとめることが出来た。とりわけ、日本南極観測隊が実施してきた海洋定常観測ライン（東経 110 度及び 150 度）や STAGE (Studies on Antarctic Ocean & Global Environment) 計画により観測対

## 公開資料

象としてきた3海区（昭和基地沖合、プリッツ湾周辺、ホバート南方海域）における観測継続の重要性は、豪側がこれまで実施してきたプリッツ湾周辺での集中観測やWOCE観測ライン（SR-3とも調和的）の継続とともに重要である。今後の観測の継続と発展には、日豪双方のリソース（研究者集団、海洋観測船など）の有効活用が不可欠であることを指摘した。また、本研究課題の基盤整備に基づき、緊急に将来計画を立案する必要性が強調された。将来への提言には日豪両国の政策決定・予算決定プロセスに大きく貢献することは高く評価できる。

また、上記4つの成果はIPCC AR5へ大きく貢献するという社会的な波及効果があるばかりでなく、これらの成果を達成するにあたり、これまで生物と物理の分野はそれぞれ独自の研究目的を目指す傾向が強かったが、本研究課題の遂行により、双方の興味を融合させ、南極海インド洋区において地球規模環境変動に関するいかなる影響がみられるのか、また、南極海で起こっている現象がいかにこれらの環境変動に関与しているのか、その中で物理プロセスと生物プロセスの結合を目指したことは、南極海の海洋研究において新たな展開をもたらした。更にこの大きな方向性に向かい日豪研究者が英知を尽くし共同で解析を進めたことは新たな国際共同研究体制の展開に大きく貢献し得た。本研究課題の基盤整備に基づき、緊急に将来計画を立案する必要性が認識された。将来への提言には日豪両国の政策決定・予算決定プロセスに大きく貢献することは高く評価できる。

### 4. 3 研究成果の補足

図1に、白線は日本南極観測隊の「ふじ」や「しらせ」による昭和基地への往復航路、青線は東京海洋大学「海鷹丸」の南極航海航路、及び、赤枠は豪南極観測隊による主な観測海域を示している。1970年代以降にこれらの航路や海域で観測されたデータ及び標本処理・解析を実施し、これらの膨大なデータベース構築を最大限の目標としたが、一方で長中期的な変動傾向の解析は主に東経110度ライン周辺海域などに限られた。そのため、未だ未処理のプランクトン標本があり、また、他の観測ラインや海域での中長期的変動傾向の解析は今後に残されている。また図示していないが、JAMSTEC[白鳳丸]による南極航海も複数行われているが、観測データの集約・解析はこれからである。

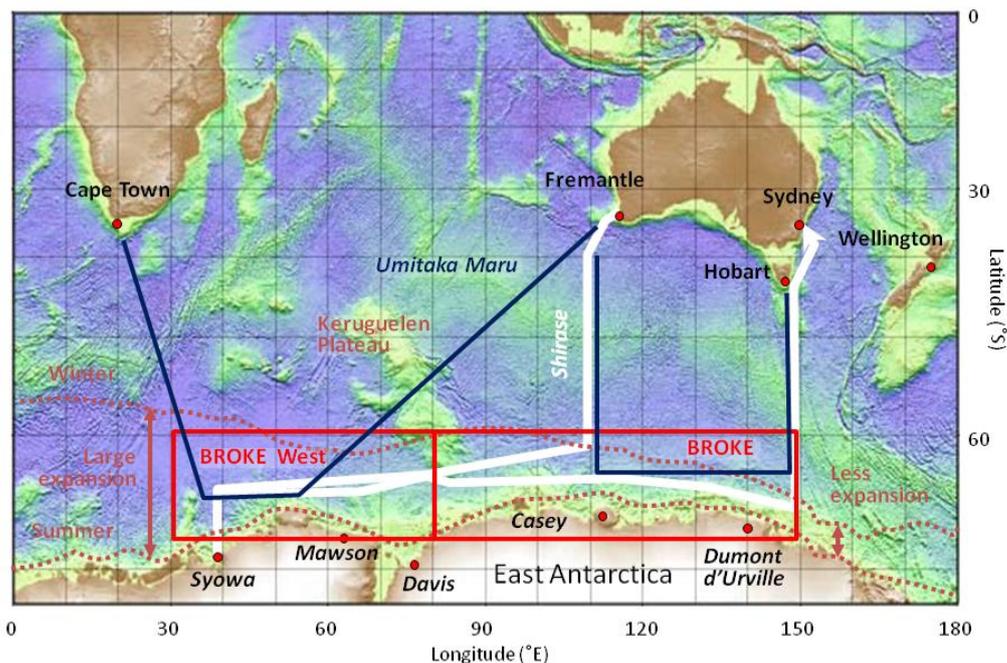


図1. 南極海インド洋区における日豪の海洋観測域

## 公開資料

生態系関連主要要素の包括的データベースについて、日本側はノルパックネット採集による動物プランクトン標本、合計2000サンプル（日本南極地域観測隊：1120本、白鳳丸168本（東京大学・海洋研、現在JAMSTEC所属）、水産庁・開洋丸166本、海鷹丸546本（東京水産大学、現在東京海洋大学所属）のデータベースを構築した。豪側はRMT ネットにより大型動物プランクトン標本について同様に多数のデータベースを構築した。これらのデータベースを基にプランクトン群集と海洋物理構造の変化の関連のケーススタディ、及び、海洋物理モデルにおけるパラメタリゼーションの例を以下にまとめた。

- ① 南大洋における栄養塩濃度とクロロフィルa濃度の増加傾向：1965年より行われている、日豪両国の海洋環境観測データを統一のデータベースに統合し、統計的解析を実施した。本研究で対象とした海域は、南大洋の極前線以南である南緯55度-65度、東経30度-160度で囲まれた海域である。本海域では、中層（水深250mから500m付近）において、1982年頃から植物プランクトン増殖に必須な元素であるリン酸塩及び硝酸塩濃度の上昇傾向がみられた（図2）。さらに、既に報告されているが、1960年代からの表層及び中層塩分の低下傾向も本研究から示された（図2）。また、同時期である1980年代中盤より、植物プランクトン量の指標である、クロロフィルa濃度の増加及び、最大となるクロロフィルa濃度を記録する深度が近年浅くなっていることが明らかとなった。南大洋インド洋区では気候変動に伴う表層の水温の温暖化、低塩分化の傾向が明らかになっており、それらとの関連について解析を進めている。

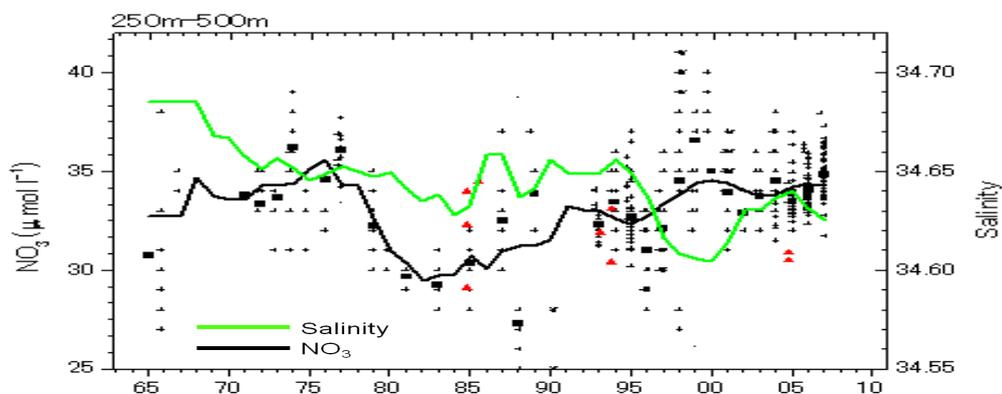


図2. 硝酸塩濃度（黒実線）と塩分（緑線）の長期的変動

- ② 東経110度ラインにおける植物プランクトン現存量及び種の周期的変動：日本南極地域観測隊が1980年代から継続的にモニタリングを実施している110度ラインの植物プランクトンデータの解析を行った結果、植物プランクトン量と種の周期的変動と共に、1998年春季以降、南緯55度以南において、植物プランクトン量の増加が見られた。同海域での海水分布の解析を実施したところ、1998年以降、海氷融解の時期が遅くなり、海面が海氷に覆われる期間が顕著に長くなっていることが明らかとなった。海氷融解のタイミングと春季の植物プランクトン増殖量には密接な関係があることから、気候変動と関連した海氷変動により、春季の海洋植物プランクトン量が変動していることが示唆された。
- ③ 東経110度ラインにおける動物プランクトン群集の中長期変動：植物プランクトンと同様に日本南極地域観測隊は過去40年に渡り110度ラインにて動物プランクトンのモニタリング観測を実施している。一部の試料を解析した結果、1990年代後半から南緯55度付近において動物プランクトンの減少が見られた。特に南極海では普遍的に出現し、個体数で卓越している小型カイアシ類で顕著な減少が見られた。上記2)の植物プラン

## 公開資料

クトンおよび海氷変動と同時期に当たるため、それらとの関連性が示唆される。図3に小型カイアシ類の東経110度線に沿った個体数の経年変動を示した。

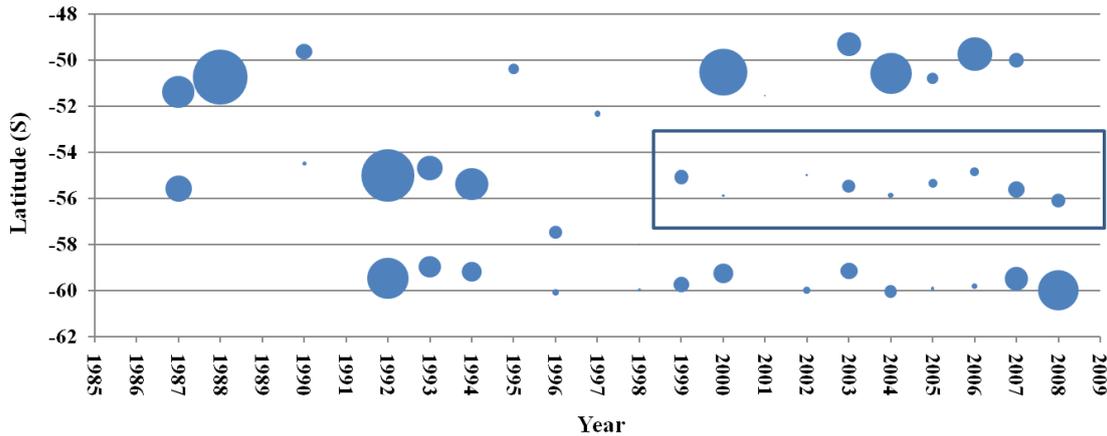


図3. 代表的な小型カイアシ類 *Oithona similis* の東経110度線に沿った個体数の経年変動。丸の大きさが個体数を示す。1990年代後半から南緯55度付近で個体数の減少が見られた。

- ④ 海氷物理過程のパラメタリゼーション： 南極沿岸での海氷形成は、大気・海洋間の熱・塩収支に大きな影響を及ぼし、海洋深層循環を担う南極底層水形成の主因となるため、海洋・気候モデルにおける取り扱いの高度化が急務となっている。本取り組みでは人工衛星観測を基盤とした熱・塩フラックスの時系列データセットを作成した (<http://wwwod.lowtem.hokudai.ac.jp/polar-seaflux/>; Tamura et al., 2011, 図4)。このデータセットについては、海洋大循環モデルや海洋-棚氷モデルにおける海氷パラメタリゼーションとしての利用や海洋-海氷および気候モデルの評価・検証など、多方面での利用がすでに開始されている。

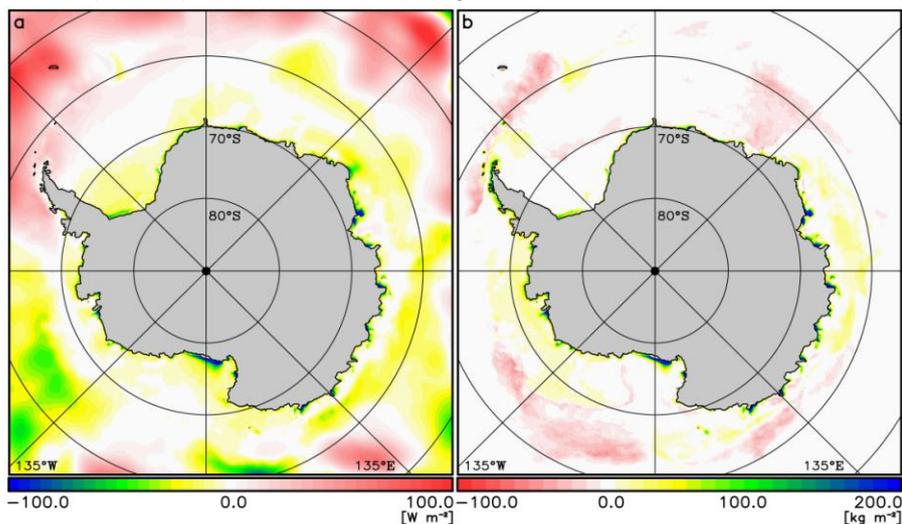


図4. 年平均の正味の熱(左)と塩(右)のフラックス (Tamura et al, 2011)

## 5. 交流成果

### 5. 1 交流成果の自己評価

- 計画以上の交流成果がでた    □ 計画通りの交流成果がでた  
□ 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた

## 公開資料

- 計画ほど交流成果がでなかった
- いずれでもない

### 5. 2 交流成果の自己評価の根拠

本研究課題を遂行するために実施された一連のワークショップなどの作業過程を以下に箇条書きとした。ワークショップのプログラムなどは「7. 写真・資料」の項に別添とした。

- ・2009年7月 第10回 SCAR 国際生物シンポジウム（北大、札幌）にて、日豪サブリーダーによるビジネス会合を開催。
- ・2009年9月 日豪合同ワークショップ（極地研、立川）にて日豪総括責任者・サブリーダー及び日豪研究メンバーによる研究推進ロードマップ作成
- ・2010年3月 生態系サブグループワークショップ（豪南極局、キングストン）にて作業手順を確認
- ・2010年4月 豪生態系サブグループメンバーの日本国内での解析作業実施（極地研、立川、及び、東京海洋大学、品川）
- ・2010年4月 生態系サブグループワークショップ（極地研、立川）解析継続
- ・2010年7月 生態系サブグループ TV 会議システムによるウェブ会合にて解析継続
- ・2010年7月 物理グループワークショップ（CSIRO, ホバート）にて解析作業実施
- ・2010年10月 生態系サブグループ TV 会議システムによるウェブ会合にて解析継続
- ・2010年11月 生態系サブグループ TV 会議システムによるウェブ会合にて解析継続
- ・2010年12月 生態系サブグループワークショップ（極地研、立川）にて解析継続
- ・2010年12月 豪生態系メンバーの日本国内でのワークショップ参加（JAMSTEC, 横須賀）
- ・2011年1月 合同ワークショップ開催への準備会合（豪南極局、キングストン）
- ・2011年1-3月 日本側生態系メンバーによる豪南極局での解析作業実施
- ・2011年2月 日豪合同ワークショップにて本研究課題のとりまとめを実施（CCAMLR, ホバート）

また、本研究課題の研究成果は以下のシンポジウム・学会にて発表を行った。

- ・2009年7月 第10回 SCAR 南極生物シンポジウム（北大、札幌）
- ・2010年7月 IPY オープン・サイエンス・コンファレンス（ノルウェー極地研究所、オスロ）
- ・2010年8月 第31回 SCAR 総会におけるオープン・サイエンス・コンファレンス（ブエノスアイレス、アルゼンチン）
- ・2010年9月 2010年度日本海洋学会秋季大会（東京農業大学、網走）
- ・2010年11-12月 第32回極域生物シンポジウムおよび第1回極域科学シンポジウム（極地研、立川）

上記のワークショップやシンポジウムなどには経験豊富な研究者のみならず、日豪の大学院学生やポスドク研究者が多数参加し、これらの発表をベースとした研究論文は多数公表されているが、そのほとんどは日豪研究者の共著による成果である。本研究課題の推進実施により、次世代研究者の育成が確実に両国において芽生えており、蓄積データの解析ではなく、新たな現場観測の立案・実施へ向けた発展の基礎が着実に構築されたことは高く評価できる。

### 5. 3 交流成果の補足

本研究課題は過去において日豪両国において基盤があることが前提であり、また短期間の課題遂行には両国の基盤機関からの支援が前提であった。日豪両国の研究者はこれまで研究者間や研究機関間での共同研究の実績を有してきたが、本研究課題により初めて日豪両国の南極海洋研究者が共同で解析を実施できたことで、将来の連携共同研究体制の基

## 公開資料

盤が構築できたことは非常に高く評価できる

2011年2月21日から24日にホバート市内のCCAMLT事務局にて開催されて日豪合同ワークショップでは、研究成果のまとめと今後の出版計画（PLoS ONE 誌へ合計16編の論文が準備されている）が整理されたが、更にこれまでの観測データを総括し、将来への課題などの提言を取りまとめた。日豪合同ワークショップの報告書（英文、「7. 写真・資料」に別添）からの提言を次にまとめた。

### 提言1：これまでの観測ラインや海域の継続の重要性

下の二つの図はIPCCの通常シナリオに基づき、南極大陸周辺の海水分布域（白点線はIPCC2007より現状の海水に15%覆われる海域を示している）の現状と100年後を示した。左図は①1980-2000年、右図は2080-2100年の様子をカラーバーで示したものである。一方、台形で囲った海域（A, B, C）はこれまで日本南極観測隊のSTAGE計画で実施してきた主な研究対象域である。インド洋区にて、A海域は海水面積が大きく、その季節変動幅が一番大きい海域、C域は一番少なく小さい海域、B域はプリッツ湾や沖合のケルゲレン海台を含む複雑な海域として、対象としてきた。

IPCCの予測ではA海域の海水面積が著しく減少するとされており、継続した観測が必須である。B海域はこれまで日豪両国が長期係留観測などで底層水形成プロセスを追跡しており、継続観測が必要である。また、C海域は一番海水変動が少ないと予測されており、環境変動の影響が直接的に現れると考えらるので、長期的な監視が必要である。

これら3つの対象海域の継続観測と同様に、4.3項に示した観測ラインの中で、東経110度と150度の測線上での継続観測も重要であることを再認識したこれらの継続観測の重要性と必要性を強調する。

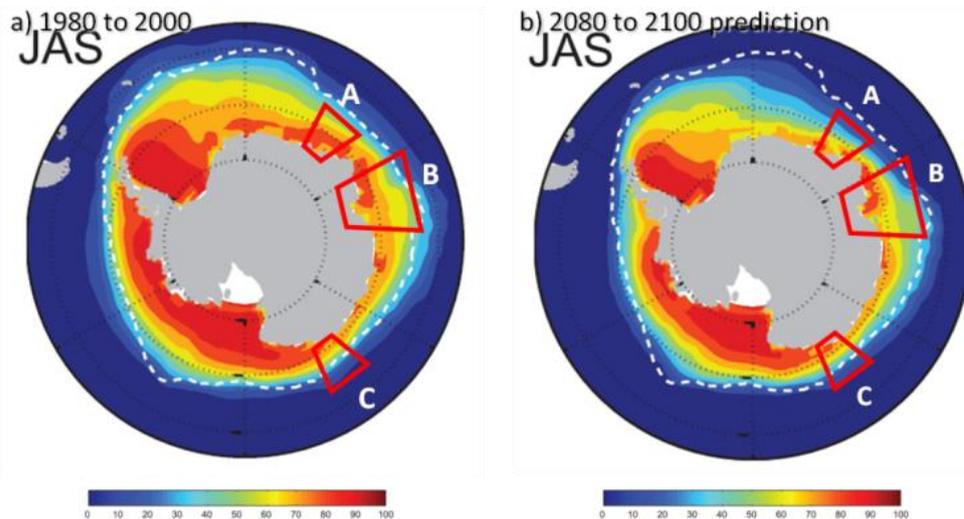


Figure Multi-model mean sea ice concentration (%) June to September for the periods 1980 to 2000 and b) 2080 to 2100 for the SRES A1B scenario. The dashed white line indicates the present-day 15% average sea ice concentration limit. Extracted and modified from IPCC (2007).

図5. 南極大陸周辺の海水分布域の将来予測

### 提言2：現場観測とデータ取得

本研究課題の実施により、包括的データベースが構築されたが、未だ未処理の標本や未解析のデータが数多く残されており、引き続きデータベースへの追加などのアップデートが重要である。同時に南極での他のデータベースとの標準化が必要である。

提言1でこれまでの現場観測継続の重要性を指摘したが、同時に今後の観測の方法や

## 公開資料

海域については、十分に検討する必要がある。例えば図6にしたが、海域 B では東西方向に複雑な海底地形や海洋構造が知られてきたので、南北に一本の観測ラインではなく、次の図に示したように 3 つのラインのような地形や構造にマッチした観測計画の立案が重要である。

また、本研究課題では主に生態系と物理の二つのグループでデータ解析を進めたが、今後は更に、海水、海水生態系、大陸氷床コアデータ、ダストや海塩データ、音響データなど、海面下の物理・化学プロセスと生物プロセスとの関連などの解析を取り入れる必要がある。

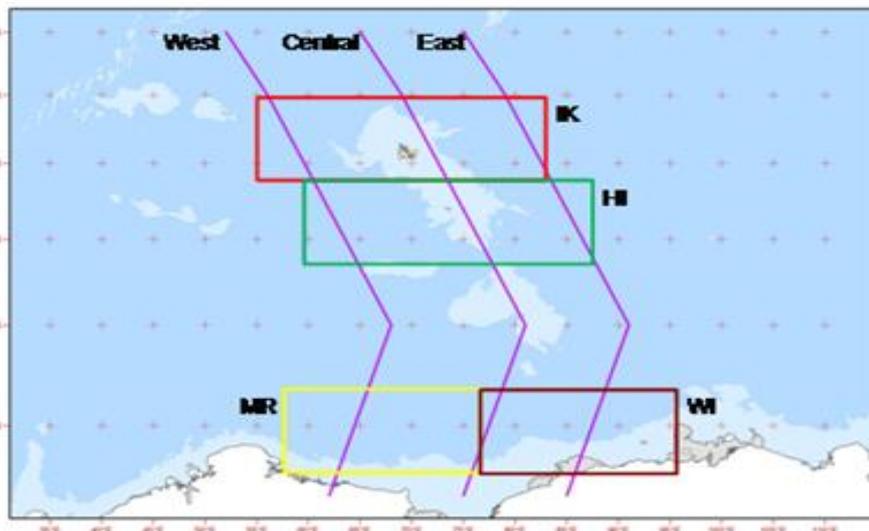


Figure : Integrated study areas and transects for measuring change in the Indian Sector of the Southern Ocean (light blue shade represents water shallower than 2000m). Purple lines represent transects (coordinates in Table 1) for regular ship transects. Boxes reflect areas in which studies on ecosystem dynamics can complement regular measurements on transects—IK (red) Îles Kerguelen, HI (green) Heard Island and McDonald Islands, MR (yellow) coast off MacRobertson Land, WI (brown) West Ice Shelf. (Constable unpublished)

図6. プリッツ湾や沖合のケルゲレン海台を含む海域の提案観測線

### 提言3：解析プロジェクト及び将来計画立案プロジェクトの立ち上げ

本研究課題に与えられた 2 年未満の期間において実施できた解析は、4. 3 項に図示した海域で日豪が蓄積した膨大なデータの中から、ごくデータの一部でしかない。インド洋区には日豪のほかにフランスも観測を実施しており、更なるデータの総合的な解析を至急開始する必要がある。

本研究課題はこれまでと今後の研究において大きな変曲点を示したと言える。今後の研究計画立案や方向性は、気候変動プロセスを理解する上で本当に重要な影響を及ぼす高度なサイエンスに裏打ちされたものでなくてはならない。そのためには、次の 2-3 年で立ち上げるものと、10 年スケールで構築するものがある。

- ・短期的には、観測手法の標準化、日豪間での生態系影響評価、将来の研究計画立案へ向け、コンピューター解析を通して、どこに勢力を向けるべきかの見極め
- ・長期的には充分の吟味検討を経た上での標準手法を導入した観測データの取得、日豪をベースとした国際的な連携構築、南極海全体システムを俯瞰できる実験計画立案、そして、南大洋全体を対象とした相互的・相補的・融合結合的な研究計画の枠組みの立案
- ・具体的には、本研究課題立ち上げの折、2009 年 9 月に極地研にて日豪合同ワークショップ（報告書を別添）を開催したが、そのような規模の日豪ワークショップを 2011 年内に開催し、ポスト戦略的国際科学技術協力推進事業を目指すことが急務である。そこでは、豪側の ACE-CRC (豪南極局、タスマニア大学、CSIRO など) に相当する国内の関連研究機関 (極地研、東京海洋大学、北海道大学、及び関連の JAMSTEC などの機関) からの総合的な討論が必要である。

# 公開資料

## 6. 論文発表・特許出願

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	特記 事項
論文	・Koubbi, P., Ozouf-Costaz, C., Goarant, A., Moteki, M., Hulley, P.-A., Causse, R., Dettai, A., Duhamel, G., Pruvost, P., Tavernier, E., Beaman, A. L., Rintoul, S. R., Hirawake, T., Hirano, D., Ishimaru, T., Riddle, M. and Hosie, G. (2010) Estimating the biodiversity of the East Antarctic shelf and oceanic zone for ecoregionalisation: Example of the ichthyofauna of the CEARMARC (Collaborative East Antarctic Marine Census) CAML surveys. <i>Polar Science</i> 4:115-134.	
論文	Massom, R. A. and Stammerjohn, S. E. (2010) Antarctic sea ice change and variability –Physical and ecological implications. <i>Polar Science</i> 4: 149-186.	
論文	Takahashi, K. T., Hosie, G. W., Kitchener, J. A., McLeod, D. J., Odate, T., and Fukuchi, M. (2010) Comparison of zooplankton distribution patterns between four seasons in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean. <i>Polar Science</i> 4: 317-332.	
論文	McLeod, D. J., Hosie, G. W., Kitchener, J. A., Takahashi, K. T., and Hunt, B. P. V. (2010) Zooplankton atlas of the Southern Ocean: The SCAR SO-CPR Survey (1991-2008) <i>Polar Science</i> 4: 353-386.	
論文	Toda, R., M. Moteki, Ono, A., Horimoto, N., Tanaka, Y., and Ishimaru, T. (2010) Structure of the pelagic cnidarian community in Lutzow-Holm Bay in the Indian sector of the Southern Ocean. <i>Polar Science</i> 4: 387-404	
論文	Kawaguchi, S., Kurihara, H., King, R., Hale, L., Berli, T., Robinson, J.P., Ishida, A., Wakita, M., Virtue, P., Nicol, S., & Ishimatsu, A. (2010). Will krill fare well under Southern Ocean acidification? <i>Biology Letters</i> doi:10.1098/rsbl.2010.0777	
論文	Williams, G. D., Nicol, S., Aoki, S., Meijers, A. J. S., Bindoff, N. L., Iijima, Y., Marsland, S. J., Klocker, A. Surface oceanography of BROKE-West, along the Antarctic margin of the south-west Indian Ocean (30-80°E). <i>Deep-Sea Research II</i> 57:738-757.	
論文	Fukamachi, Y., Rintoul, S. R., Church, J. A., Aoki, S., Sokolov, S., Rosenberg, M., and Wakatsushi, M. (2010): Strong export of Antarctic Bottom Water east of the Kerguelen Plateau, <i>Nature Geoscience</i> , 3(5), 327-331.	
論文	Williams, G. D., Aoki, S., Jacobs, S. S., Rintoul, S. R., Tamura, T., and Bindoff, N. (2010) Antarctic Bottom Water from the Adelie and George V Land coast, East Antarctica (140-149E). <i>Journal of Geophysical Research</i> , 115, C04027, doi:10.1029/2009JC005812, 2010.	
論文	Rintoul, S. R., Speer, K., Sparrow, M., Meredith, M., Hoffmann, E., Fahrbach, E., Summerhayes, C., Worby, A., England, M., Bellerby, R., Speich, S., Costa, D., Hall, J., Hindell, M., Hosie, G., Stansfield, K., Fukamachi, Y., de Bruin, T., Naveira Garabato, A., Albersson, K., Ryabinin, V., Shin, H. C., and Gladyshev, S.: (2010) Southern Ocean Observing Systems (SOOS): Rationale and Strategy for Sustained Observations of the Southern Ocean, <i>Proceedings of OceanObs '09: Sustained Ocean Observations and Information for Society (Vol. 2)</i> , ESA Publication WPP-306.	
論文	Kusahara, K., Hasumi, H., and Williams, G. D. © 2011) Impact of the Mertz Glacier Tongue calving on dense water formation and export, <i>Nature Communications</i> , 2:159, doi: 10.1038/ncomms11567.	
論文	Toyota, T., Massom, R., Tateyama, K., Tamura, T., and Fraser, A. (2011) Properties of snow overlying the sea ice off East Antarctica in late winter, 2007. <i>Deep-Sea Research Part II</i> , 58, 1137-1148, doi:10.1016/j.dsr2.2010.12.002.	
論文	Williams, G. D., Meiners, A. J. S., Poole, A., Mathiot, P., Tamura, T., and Klocker, A. (2011) Late winter oceanography off the Sabrina and BANZARE coast (117-128E), East Antarctica. <i>Deep-Sea Research Part II</i> , 58, 1194-1210, doi:10.1016/j.dsr2.2010.10.035.	

## 公開資料

論文	Kusahara, K., Hasumi, H., and Williams, G. D. (2011) Dense Shelf Water Formation and Brine-Drive Circulation in the Adelie Depression, <i>Ocean Modelling</i> .	
論文	Williams, G. D., Hindell, M., Houssais, M.-N., Tamura, T. and Field, I. C. (2011) Upper ocean stratification and sea ice growth rates during the summer-fall transition, as revealed by Elephant seal foraging in the Adelie Depression, East Antarctica. <i>Ocean Science</i> , 7, 185-202, doi:10.5194/os-7-185-2011.	
論文	Tamura, T., Ohshima, K. I., Nihashi, S., and Hasumi, H. (2011) Estimation of surface heat/salt fluxes associated with sea ice growth/melt in the Southern Ocean, <i>Scientific Online Letter on the Atmosphere</i> , 7, 17-20, doi:10.2151/sola.2011-005.	

---